

文章编号: 1674-5566(2011)05-0697-08

鲜冻与酸处理对坛紫菜和浒苔苗存活的影响

严兴洪¹, 钟晨辉¹, 亓庆宝², 王长青¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 江苏省如东县水产技术推广站, 江苏 如东 226400)

摘要: 采用直接鲜冻和酸处理的方法分别对不同大小的坛紫菜和浒苔藻体进行了处理,旨在建立一种可以有效杀死浒苔而保留坛紫菜的简便方法。实验结果表明:体长为1~2 cm的坛紫菜和浒苔幼苗不经干燥直接鲜冻5 d,坛紫菜苗的细胞成活率达到90%左右,而浒苔只有50%,恢复培养30 d,坛紫菜苗生长良好,只有梢部的少量细胞死亡,而浒苔苗则大部分变黄死亡。用pH为2.0的柠檬酸溶液处理体长为5 cm左右的中苗3 min,坛紫菜的细胞成活率仍高达90.9%,但浒苔的细胞成活率只有58.5%,恢复培养30 d,浒苔的生长受到明显抑制,坛紫菜的生长则基本未受影响;用pH为2.3的盐酸溶液处理长度为5 cm的坛紫菜苗,效果更好,处理1 min的坛紫菜细胞存活率高达97%,而浒苔的细胞成活率则低于20%,恢复培养一段时间,浒苔苗全部死亡,而坛紫菜经盐酸溶液处理1 min、3 min和5 min后的叶状体,仍然正常生长,长度明显增加。依据上述研究结果,如果在海上栽培的坛紫菜网帘上出现大量浒苔附生,在紫菜幼苗期(体长1~2 cm)采用直接鲜冻,中苗期(体长5 cm左右)采用盐酸溶液处理,基本可以达到清除浒苔,确保坛紫菜正常生长的目的。

研究亮点: 本文发现直接鲜冻坛紫菜和浒苔的幼苗(体长1~2 cm),以及盐酸溶液处理它们的中苗(体长5 cm左右),均可杀死浒苔而保持紫菜苗成活。用此法可以清除浒苔同时又维持坛紫菜正常生长,具有较大的应用价值。

关键词: 坛紫菜; 浒苔; 冷冻; 酸处理; 叶状体; 存活率

中图分类号: S 968.43

文献标志码: A

坛紫菜(*Porphyra haitanensis* Chang et Zheng)作为我国最主要的水产养殖种类之一,被广泛栽培在福建和浙江沿海,产量约占全国紫菜产量的75%^[1]。在它的生活史中,叶状体阶段的绝大部分个体是雌雄异体,只有极少数是雌雄同体,雌雄叶状体成熟后分别产生果胞和精子,通过有性生殖产生果孢子,后者萌发成丝状体。丝状体成熟后释放的壳孢子经过减数分裂发育成叶状体,叶状体被大规模栽培^[2]。

在紫菜栽培中,在壳孢子附网下海栽培到见苗这段时间内,网帘上很容易附生多种杂藻,其中浒苔的危害最大,尤其是在紫菜幼苗期,当浒苔长满整张网帘就会严重影响紫菜幼苗的生长,如果在栽培的中后期发生大量的浒苔附生,则会

影响紫菜的产量和加工菜饼的品质。为了提高紫菜的产量和质量,日本较早开展了条斑紫菜冷藏网的研究^[3]。陈百尧^[4],王汉清等^[5],马家海等^[6]也对条斑紫菜的冷藏网技术进行了相关研究,关于坛紫菜冷藏网的研究则进展缓慢,陈昌生等^[7]研究了冷藏对坛紫菜及杂藻存活和生长的影响,为坛紫菜冷藏网技术的开展提供了一定的理论支持。国内外都曾介绍过用柠檬酸处理的方式清除杂藻^[8],但未见详细的方法与技术报道。与浒苔等杂藻相比,坛紫菜有较强的耐干露能力,生产上主要利用这个特性采用干露清除杂藻,抑制其它附着生物的生长,但紫菜网帘的干露程度受到诸如潮讯、天气阴晴、降水量和苗密度等影响,单纯的干露往往无法将浒苔等杂藻清

收稿日期: 2011-04-12 修回日期: 2011-06-12

基金项目: 国家自然科学基金(31072208); 国家高技术研究发展计划(2006AA10A413); 农业部公益性专项(200903030-C); 上海市优秀学科带头人项目(07XD14028); 上海市科学技术委员会重点科技攻关项目(10391901100); 上海市教育委员会重点学科建设项目(J50701)

作者简介: 严兴洪(1958—),男,教授,研究方向为海藻遗传与育种。E-mail: xhyan@shou.edu.cn

除。如何简便而经济地清除附着在紫菜网帘上的杂藻,已成为制约坛紫菜栽培正常开展的一个技术难题。本文就不同大小的坛紫菜和浒苔苗对直接鲜冻和酸处理的耐受能力进行了较深入的研究,旨在建立一种可以有效杀死浒苔但同时能确保坛紫菜苗成活和正常生长的方法。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

本实验采用的坛紫菜野生品系(PT-001)以自由丝状体的形式被保存在实验室,通过壳孢子采苗和室内培养的方法得到坛紫菜叶状体,培养方法按文献[9],培养液为自然海水中添加MES培养基^[10]配制而成。所用的浒苔是从浙江象山海区采回,然后在实验室采孢子和培养后获得新鲜健康的浒苔苗,培养的条件与坛紫菜相同。

1.1.1 坛紫菜和浒苔叶状体的培养

取一定量的坛紫菜自由丝状体,用小型粉碎机将其切碎后,撒在事先已洗净的贝壳表面上,暗光培养4 d左右,使之移植到贝壳内。培养温度为 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$,光照密度 $10 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期12 L:12 D。培养10 d后,第一次清洗贝壳,除去附在贝壳表面上的多余自由丝状体,换进新鲜培养液,把光照密度提高到 $20 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其它培养条件不变。当贝壳表面内层长满紫红色丝状体时,温度提高到 $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$,14 d后,温度升至 $(29 \pm 1)^\circ\text{C}$,同时,光照密度降到 $10 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期为8 L:16 D。贝壳丝状体成熟后,把1~2个贝壳放入500 mL的烧杯中充气培养,另外,放入数根尼龙单丝(长度3~4 cm)供壳孢子附着,培养温度 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$,光照密度 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期10 L:14 D。把已附着壳孢子的尼龙单丝转移到充气瓶内培养,当叶状体长到1~2 cm时,将部分单丝取出,用于冷冻实验,其余的继续培养。

从海区采回的浒苔用灭菌海水洗净后放在充气瓶中培养,然后挑出部分即将成熟的藻体单独培养,同时放进数根尼龙单丝进行采苗。培养条件为:温度 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$,光照密度 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期10 L:14 D。将已附着浒苔孢子的单丝转移至充气瓶内培养,当藻体体长达1~5 cm时,把部分单丝取出用于冷冻实验。

1.2 实验方法

1.2.1 坛紫菜和浒苔幼苗的鲜冻实验

培养坛紫菜壳孢子和浒苔孢子25 d左右,分别挑选30棵体型好、无烂孔、无卷曲的坛紫菜幼苗(1~2 cm)和藻体完整、颜色好、无烂迹、有弹性的浒苔幼苗(1~2 cm),用吸水纸吸去表面水分后,立即转移到塑料密封袋内,密封后放入 4°C 下放置2 d后,再放入 -20°C 的冰柜中进行鲜冻。冷冻时间分别设定为1 d,5 d,10 d,15 d,20 d和30 d。当冷冻一定的天数后,从冰箱中取出坛紫菜和浒苔幼苗,迅速放到培养瓶内进行充气恢复培养,培养条件:温度 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$,光照密度 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期10 L:14 D。恢复培养48 h后,在显微镜下计数死亡和存活细胞的数量,并拍照记录细胞的死亡情况。细胞成活率的统计方法:每组各随机选取20棵苗,每棵苗分梢部、中部和基部再各随机计数30个视野($20 \times$ 倍)内的死亡和成活细胞数,根据总死亡细胞数和总细胞数,获得该藻体的细胞成活率;取20棵苗的细胞成活率的平均值为该处理组的细胞成活率。

1.2.2 坛紫菜和浒苔中苗的鲜冻实验

当藻体长到5 cm左右时,再挑选相同数量的坛紫菜和浒苔苗进行冷冻实验,方法同1.2.1。

1.2.3 柠檬酸处理实验

分别挑选30棵坛紫菜和浒苔中苗(约5 cm),吸去表面水分后均分3组,放入pH为2.0的柠檬酸溶液(由化学纯的柠檬酸和海水配成)中,分别浸泡1 min、3 min和5 min后将其取出,然后立即用灭菌海水冲洗若干遍,以除去残留在藻体上的柠檬酸。洗净后的坛紫菜和浒苔苗分别被放入培养瓶进行充气培养,培养条件为:温度 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$,光照密度 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期10 L:14 D。培养96 h后,在显微镜下统计细胞存活情况,计算出成活率,计算方法同1.2.1。

1.2.4 盐酸处理实验

本实验所用的坛紫菜和浒苔藻体大小与柠檬酸处理实验相同,所用盐酸溶液(加工业盐酸于海水中配成)的pH为2.3,实验的方法和步骤同1.2.3。

2 结果

2.1 坛紫菜幼苗的鲜冻实验结果

从图 1 可看出,1~2 cm 的坛紫菜幼苗鲜冻 1 d 后再恢复培养 48 h,细胞的成活率为 91.5%,梢部的少数细胞液泡变大,细胞破裂后变绿或变白死亡(图版 I-1),中部和基部的死细胞很少,恢复培养后,藻体上只出现很少的小死亡斑块(图版 I-4)。冷冻 5 d 的坛紫菜幼苗,其梢部的死亡细胞数增加,细胞的成活率降至 88.6%,恢复培养后,出现小的死亡斑块(图版 I-2,5)。冷冻 10 d 的坛紫菜幼苗,其梢部的死亡细胞数目继续增加并往中部扩散,细胞成活率降至 72.4%,恢复培养后,藻体上出现较大的死亡斑块(图版 I-3,6)。冷冻 15 d 的坛紫菜苗的细胞成活率只有 41.6%。恢复培养后,坛紫菜苗的大部分细胞已死亡,对坛紫菜造成了严重损伤。

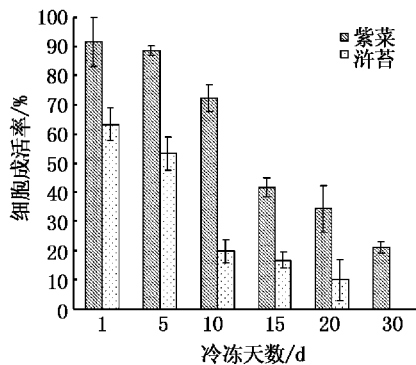


图 1 坛紫菜和浒苔小苗(体长 1~2 cm)被冷冻不同天数后的细胞存活情况

Fig. 1 Cell survival rates of young blades (1-2 cm length) of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* after being refrigerated for different periods

2.2 浒苔幼苗的鲜冻实验结果

从图 1 可看出,浒苔幼苗(1~2 cm)冷冻 1 d 后,藻体已有三分之一的细胞变黄死亡,细胞的成活率仅为 63.3%。冷冻 5 d 的浒苔,其细胞成活率约为 50.0%,但是冷冻天数超过 10 d,浒苔幼苗的细胞成活率明显下降,均低于 20.0%(图版 I-7~9),冷冻 30 d 的浒苔幼苗在恢复培养 48 h 后,整个藻体的细胞先变黄再全部变白死亡。

2.3 坛紫菜和浒苔中苗的鲜冻实验结果

如图 2 所示,坛紫菜中苗(体长约 5 cm)被冷冻不同天数后,其细胞成活率普遍比幼苗低。冷冻 1 d 的坛紫菜中苗,恢复培养 48 h 后,细胞成

活率为 68.2%,藻体的梢部、中部都出现了死亡细胞。冷冻 5 d 后,其藻体的细胞死亡数目增加,成活率为 63.0%。冷冻 10 d 时,藻体上存活的细胞数非常少,绝大多数的细胞变白死亡,培养几天后坛紫菜叶片全部烂掉(图版 II-1~3)。5 cm 左右的坛紫菜冷冻 1 d,培养 28 d 后,仍有一定的生长,但细胞因冻伤死亡十分严重,藻体已不能保持完整,极易发生断裂。

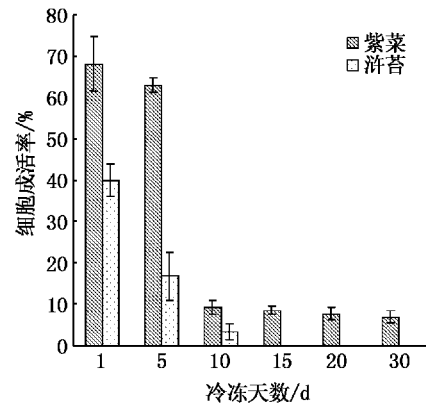


图 2 坛紫菜和浒苔中苗(体长 5 cm)被冷冻不同天数后的细胞存活率

Fig. 2 Cell Survival rates of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* blades (5 cm length) after being refrigerated for different periods

由图 2 可见,浒苔中苗(5 cm 左右)被冷冻后细胞死亡情况很严重,细胞成活率明显下降:冷冻 1 d,恢复培养 48 h 后,细胞成活率仅为 40.0%,比冷冻相同时间的幼苗低 23.3%。冷冻 5 d 后,细胞成活率已不足 20.0%,冷冻天数超过 10 d 的浒苔恢复培养后无藻体细胞存活(图版 II-4~6)。

上述结果说明,坛紫菜处于幼苗期时,可以利用其具有一定抗冻性的特点,用鲜冻处理抑制或除去浒苔,但是随着坛紫菜长大,它的抗冻能力有所下降,再用鲜冻处理对坛紫菜苗会造成很大的伤害,需要寻找另外的方法来清除附着在网帘上的浒苔等杂藻。

2.4 柠檬酸处理实验结果

如图 3 所示,经过柠檬酸溶液(pH 为 2.0)处理 1 min 的坛紫菜和浒苔苗,培养 96 h 后,细胞成活率均较高,分别为 96.1% 和 90.0%,死亡细胞较少。处理 3 min 后,坛紫菜的成活率仍然高达 90.9%,但浒苔的细胞成活率降至 58.5%。处理 5 min 后,坛紫菜的死亡细胞数增多,成活率降至 85.2%,而浒苔的细胞成活率只有 46.7%。柠

柠檬酸处理 1 min 的坛紫菜继续培养 30 d 后,紫菜的长度增加了 5~6 倍,生长情况良好,只是梢部因为部分细胞死亡而变得不完整,处理 3 min 和 5 min 的坛紫菜继续培养,藻体苗形完整生长未受抑制。处理 1 min 的浒苔继续培养,生长已经基本停止,并且藻体中部以上的细胞已经全部变白死亡,处理 3 min 和 5 min 的浒苔细胞的死亡情况更加严重,藻体大部分细胞已经变白,许多藻体已整株死亡(图版 III)。

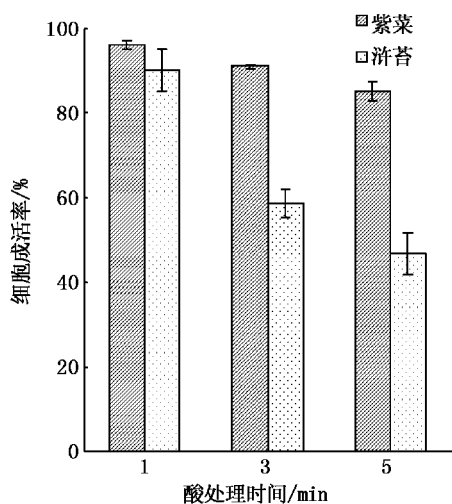


图3 经柠檬酸处理不同时间后的坛紫菜和浒苔苗(体长 5 cm)的细胞存活率

Fig.3 Cell survival rates of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* blades (5 cm length) after treatment with citric acid for different periods

2.5 盐酸处理结果

用 pH 为 2.3 的盐酸溶液处理 1~5 min 后,恢复培养 96 h,坛紫菜苗的细胞成活率均高达 92.0% 以上,处理 5 min 的细胞成活率仍然高达 92.2% (图 4),而且恢复培养后,叶状体外形正常,极少数的死亡细胞仅见于梢部和中部小范围内(图版 IV-1~3)。继续培养 10 d,各处理组的坛紫菜生长正常,处理 5 min 的坛紫菜苗长度增加了近一倍。浒苔苗经盐酸溶液处理后,再恢复培养 96 h,细胞死亡非常严重,处理 1 min 的浒苔细胞成活率仅为 15.1%,处理 3 min 和 5 min 的藻体细胞成活率均低于 10.0% (图版 IV-4~5)。继续培养 10 d 后,各处理组的浒苔均变白死亡。

3 讨论

坛紫菜是我国特有的暖温带性种类,主产于福建和浙江沿海,自然生长的坛紫菜多分布于潮

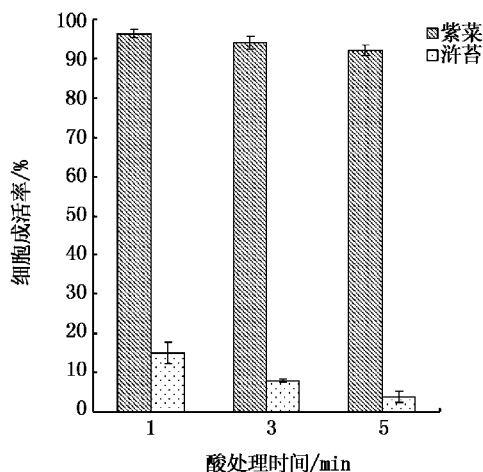


图4 经盐酸溶液处理不同时间后的坛紫菜与浒苔苗(体长 5 cm)的细胞存活率

Fig.4 Cell survival rates of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* blades (5 cm length) after treatment with hydrochloric acid for different periods

间带的岩礁上^[11]。在坛紫菜人工养殖中,浒苔最容易附着到紫菜网帘上,并且生长迅速,不断放散孢子,孢子又萌发成小浒苔,造成浒苔的数量在短时间内急剧增多,有时候,网帘上的坛紫菜全部被浒苔所覆盖,严重影响了坛紫菜苗的生长^[12]。目前,解决浒苔等杂藻危害的办法多采用晒网,但在实际生产中,坛紫菜网帘的干出干燥程度受天气和海况条件的影响很大,而且干出的时间不易控制,时间过长会影响坛紫菜苗的生长或死亡,时间过短又无法杀死浒苔等,即使干出几次,浒苔依然存活,严重影响坛紫菜的生长。

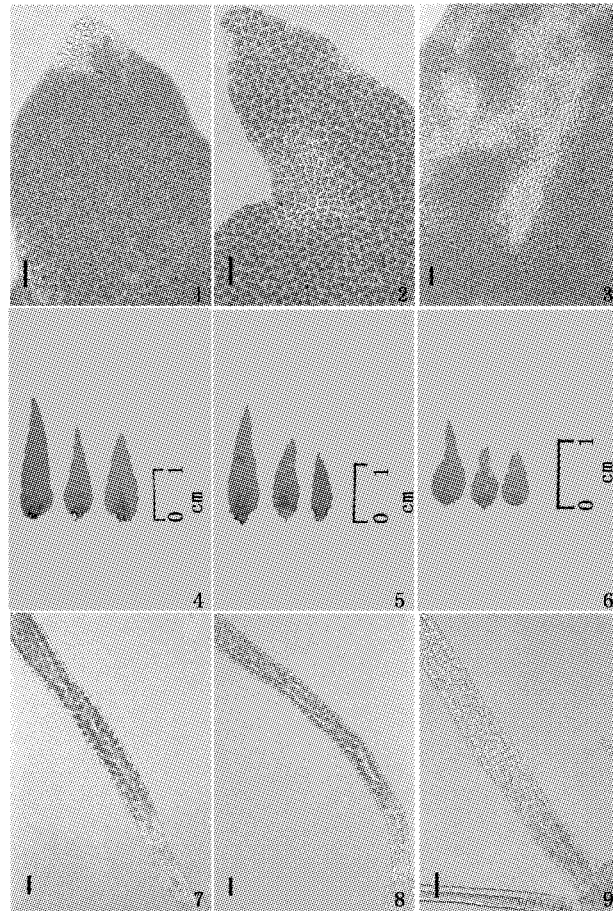
本实验证实坛紫菜的幼苗具有一定的抗冻能力,利用此特点可在坛紫菜的小苗期直接新鲜冷冻网帘来清除浒苔等杂藻。1~2 cm 的坛紫菜和浒苔幼苗直接冷冻 10 d 左右,两者的细胞成活率存在较大差别,恢复培养后,坛紫菜小苗生长正常,只是梢部的一些细胞死亡,中部和基部的细胞死亡很少。浒苔鲜冻后,藻体变黄,生长停止并逐渐死亡。5 cm 左右的坛紫菜和浒苔苗冷冻 5 d 后,细胞成活率的差异也明显,但坛紫菜的细胞成活率也降到了 63.0%,继续培养后坛紫菜藻体的损伤严重,易断裂,因此较大的苗已不适合用直接鲜冻的方法清除浒苔。酸处理是去除浒苔比较简便而又有效的方法,但所用酸的种类、浓度及处理时间长短很重要。本实验先后用柠檬酸、盐酸和醋酸做了预处理实验,发现经相

同浓度和时间处理后,醋酸对坛紫菜的细胞存活影响最大,经醋酸处理的坛紫菜一段时间后全部变黄并逐渐死亡,而经盐酸和柠檬酸处理的坛紫菜细胞成活率较高,未出现大量细胞死亡,所以选择柠檬酸和盐酸进行实验。从酸处理后的细胞成活率和恢复培养后的生长情况来看,用 pH 为 2.0 的柠檬酸处理 3 min,坛紫菜和浒苔的细胞成活率出现了较大差异,继续培养一段时间,坛紫菜生长正常,浒苔生长则受到明显抑制。用 pH 为 2.3 的盐酸处理 1 min,浒苔的生长已经停止,培养几天后细胞变黄,逐渐死亡,而坛紫菜经 pH 为 2.3 的盐酸溶液处理 1 min、3 min 和 5 min 后继续培养,叶状体正常生长,长度均明显增加。

在海区的坛紫菜栽培过程中,由于海区的环境条件十分复杂,采用单一的手段有时很难将杂藻全部杀除,可以采取直接鲜冻和酸处理相结合的方式杀除杂藻:当坛紫菜处于幼、小苗期时,可将网帘沥干水分直接冷冻,此时浒苔藻体一般都比坛紫菜苗大,冷冻后浒苔死亡率较高,杀除效果较好,而坛紫菜苗小,细胞成活率较高,对生长影响不大。当坛紫菜苗长大后,如果网帘上还有浒苔则用盐酸(pH 为 2.3)或柠檬酸(pH 为 2.0)的溶液处理,以杀死较大的浒苔。两种方法合理搭配使用可以在保证坛紫菜成活和正常生长的情况下有效除去浒苔,提高紫菜的产量和质量。酸处理是一种比较简便的方法,效果也比较好,但如果把使用后的酸溶液直接倒入海中,会对海区环境造成影响,需要对废酸液进行回收处理。

参考文献:

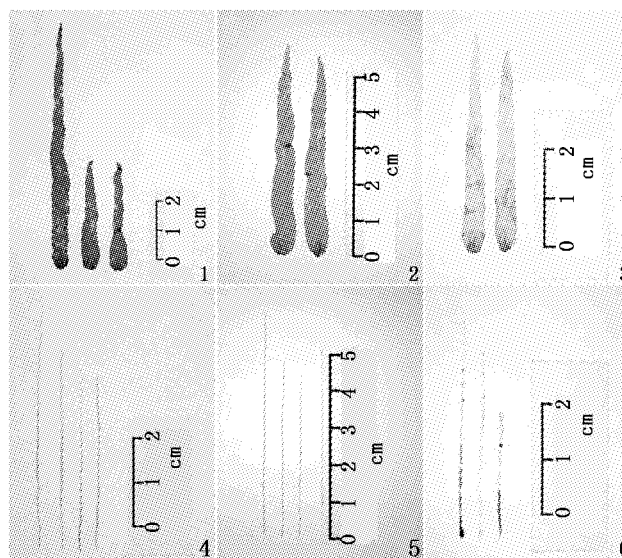
- [1] 王清印. 海水养殖生物细胞工程育种[M]. 北京:海洋出版社,2007:314-330.
- [2] 曾呈奎,王素娟,刘思俭,等. 海藻栽培学[M]. 上海:上海科技出版社,1985:135-211.
- [3] 仓挂武雄. ノリ網低温保藏[J]. 冷凍,1966,41(4):878-892.
- [4] 陈百尧. 条斑紫菜冷藏网技术应用研究[J]. 水产养殖,1994(3):18-20.
- [5] 王汉清,吉传礼,张礼明,等. 条斑紫菜冷藏网栽培试验[J]. 水产养殖,1997(6):19-20.
- [6] 马家海,沈旺,孙国铭,等. 条斑紫菜冷藏网试验及其产品质量分析[J]. 水产学报,1998,10(22):65-71.
- [7] 陈昌生,翁琳,汪磊,等. 干露和冷冻对坛紫菜及杂藻存活与生长的影响[J]. 海洋学报,2007,29(2):131-136.
- [8] 潘元潮,张秀文. 清除紫菜幼苗中绿藻的新方法[J]. 水产养殖,1996(4),29.
- [9] 严兴洪,梁志强,宋武林,等. 坛紫菜人工色素突变体的诱变与分离[J]. 水产学报,2005,29(2):166-172.
- [10] 翁琳,陈昌生,纪德华,等. 冷藏和恢复培养温度对坛紫菜存活生长的影响[J]. 集美大学学报,2007,12(2):97-102.
- [11] 王素娟,张小平,许云龙,等. 坛紫菜营养细胞和原生质体培养的研究 I[J]. 海洋与湖沼,1986,17(3):217-221.
- [12] 曾呈奎,王素娟,刘思俭,等. 海藻栽培学[M]. 上海:上海科技出版社,1985:135-211.



图版 I 坛紫菜和浒苔幼苗(1~2 cm)冷冻后的存活情况

Plate I Cell survival of the young blades (1~2 cm) of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* after refrigeration for different periods and the blades after recover culture

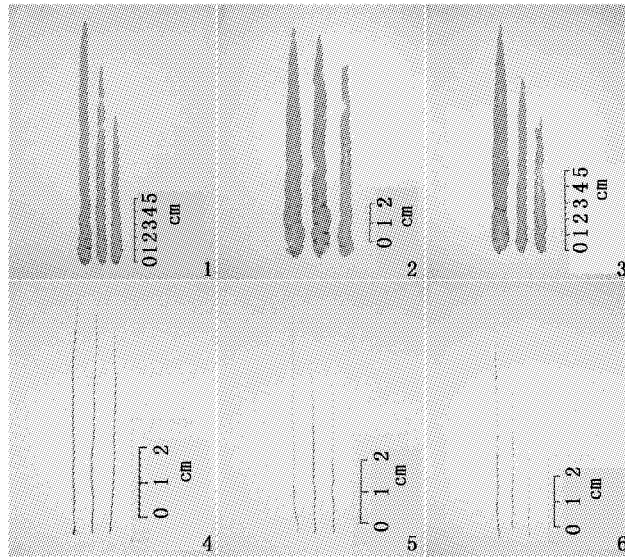
1-3. 分别为冷冻 1 d、5 d 和 10 d 的坛紫菜幼苗的稍部细胞; 4-6. 分别为冷冻 1 d、5 d 和 10 d 的坛紫菜幼苗经过 48 h 恢复培养后的苗体; 7-9. 分别为冷冻 1 d、5 d 和 10 d 的的浒苔幼苗根部细胞。图 1-3、7-9 中的标尺均代表 50 μm; 图 4-6 中的标尺代表 1 cm。



图版 II 坛紫菜和浒苔叶状体(5 cm)冷冻后叶状体的存活情况

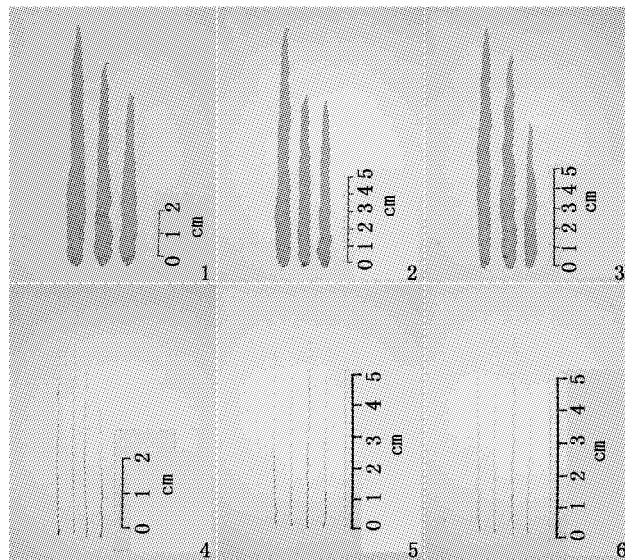
Plate II Survival of the blades (5 cm length) of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* after refrigeration

1-3. 分别冷冻 1 d、5 d 和 10 d 的坛紫菜叶状体; 4-6. 分别冷冻 1 d、5 d 和 10 d 的浒苔叶状体。



图版Ⅲ 坛紫菜与浒苔叶状体(5 cm)经柠檬酸处理后的存活情况
Plate III Survival of the blades (5 cm) of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* after treatment with citric acid

1-3. 用柠檬酸处理 1 min、3 min 和 5 min 后的坛紫菜叶状体; 4-6. 用柠檬酸处理 1 min、3 min 和 5 min 后的浒苔藻体。



图版Ⅳ 坛紫菜与浒苔叶状体(5 cm)经盐酸处理后的存活情况
Plate IV Survival of the blades (5 cm) of *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera* after treatment with hydrochloric acid

1-3. 用盐酸处理 1 min、3 min 和 5 min 后的坛紫菜叶状体; 4-6. 用盐酸处理 1 min、3 min 和 5 min 后的浒苔藻体。

Effects of refrigeration and acid treatment on the survival of the blades in *Porphyra haitanensis* and *Enteromorpha prolifera*

YAN Xing-hong¹, ZHONG Chen-hui¹, QI Qing-bao², WANG Chang-qing¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Rudong Fisheries Technical Extension Center, Rudong 226400, Jiangsu, China)

Abstract: In order to establish an economical and simple method to kill *Enteromorpha prolifera* which competitively grow together with *Porphyra haitanensis* in the Porphyra cultivation net, the blades of *P. haitanensis* and *E. prolifera* in different sizes were treated with direct refrigeration and acid. The results showed that there were significant differences in cell survival rates of the young blades (1–2 cm) between *P. haitanensis* and *E. prolifera* which were directly refrigerated for 5 days. The cell survival rate of the former was 90% and the latter was 50%. The blades of *P. haitanensis* grew well except that some dead cells appeared in the blade head after recover culture for 30 days, but the blades of *E. prolifera* became yellow and died gradually. When the blades grew up to 5 cm, they were treated with citric acid (pH=2.0) for 3 min the cell survival rate of *P. haitanensis* was about 90.9%, whereas it was only 58.5% for *E. prolifera*. The growth inhibition appeared in the blades of *E. prolifera* but not in *P. haitanensis*. It was better to treat them with hydrochloric acid solution (pH=2.3). After treatment for 1 min, the cell survival rate of *E. prolifera* was less than 20%; however, it was still up to 97% for *P. haitanensis*. Refrigerating the small blades (1–2 cm length) and treating the bigger blades (5 cm length) with acids would be a good method to get rid of *E. prolifera*.

Key words: *Porphyra haitanensis*; *Enteromorpha prolifera*; refrigeration; acid treatment; blades; survival rate